



⑮ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 199 10 388 A 1**

⑤⑦ Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**H 02 N 2/06**  
F 02 D 41/20

⑲ Aktenzeichen: 199 10 388.7  
⑳ Anmeldetag: 9. 3. 1999  
㉓ Offenlegungstag: 21. 9. 2000

**DE 199 10 388 A 1**

⑦① Anmelder:  
Siemens AG, 80333 München, DE

⑦② Erfinder:  
Pirkl, Richard, 93053 Regensburg, DE;  
Przymusinski, Achim, 93049 Regensburg, DE;  
Schrod, Walter, 93057 Regensburg, DE; Elliott,  
Mark, 93055 Regensburg, DE

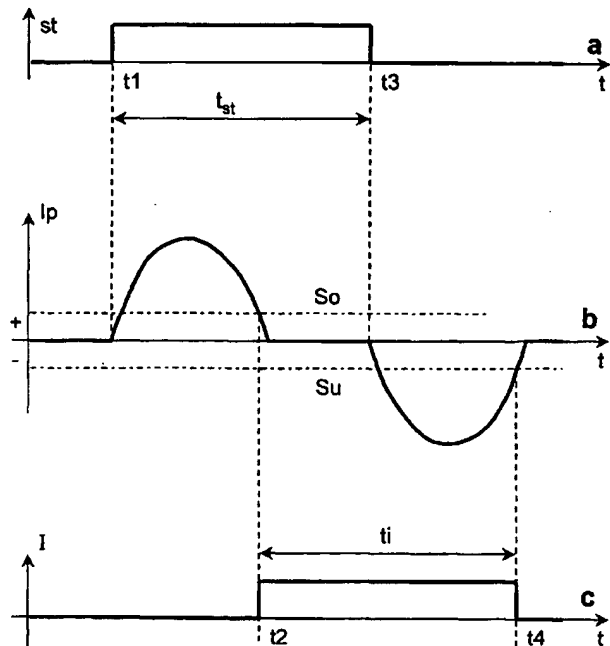
⑤⑥ Entgegenhaltungen:  
DE 198 04 196 A1  
GB 15 40 216

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Verfahren zum Ansteuern eines kapazitiven Stellgliedes

⑤⑦ Ein kapazitives Stellglied wird mittels eines Steuersignals  $st$  angesteuert. Die Dauer  $t_i$  der Stellgliedbetätigung wird mit der Dauer  $t_{st}$  des Steuersignals  $st$  verglichen und es wird von einer ordnungsgemäßen Funktion des Stellgliedes ausgegangen, wenn die gemessene Dauer  $t_i$  innerhalb eines durch die Dauer  $t_{st}$  des Steuersignals bestimmten Bereiches liegt.



**DE 199 10 388 A 1**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Ansteuern eines kapazitiven Stellgliedes, insbesondere eines Stellgliedes für ein Kraftstoffeinspritzventil einer Brennkraftmaschine, nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Aus DE 196 52 809 ist eine Vorrichtung zum Ansteuern eines piezoelektrischen Stellgliedes für ein Kraftstoffeinspritzventil einer Brennkraftmaschine bekannt. Ein derartiges Stellglied kann als kapazitiver Energiespeicher angesehen werden.

Zum Öffnen beispielsweise eines Kraftstoff-Einspritzventils einer Brennkraftmaschine muß eine elektrische Ladung auf das Stellglied aufgebracht werden, die zum Schließen des Einspritzventils wieder vom Stellglied entfernt werden muß. Die eingespritzte Kraftstoffmenge ist bei konstantem Kraftstoffdruck, beispielsweise in einem Common-Rail-Kraftstoff-Einspritzsystem, hauptsächlich von der Einspritzdauer abhängig.

Beim Laden jedes kapazitiven Stellgliedes fließt ein Ladestrom in das Stellglied; dieses ist geladen, wenn der Ladestrom wieder zu null wird. Während des Ladevorgangs steigt die an ihm abfallende Stellgliedspannung auf einen bestimmten Wert an. Im geladenen Zustand fließt kein Strom, die Stellgliedspannung bleibt etwa konstant. Beim Entladen fließt ein Entladestrom aus dem Stellglied; dieses ist entladen, wenn der Entladestrom wieder zu null wird. Während des Entladevorgangs fällt die an ihm abfallende Stellgliedspannung wieder auf null Volt.

Diese Vorgänge können durch interne oder externe Störeinflüsse so gestört werden, daß die auf das Stellglied aufgebraachte Ladung länger, als durch die von einem Motorsteuersystem ausgegebenen Steuersignale vorgegeben, auf dem Stellglied verbleibt und das Kraftstoffeinspritzventil für eine nicht definierte Dauer geöffnet bleibt, wodurch zu viel Kraftstoff eingespritzt wird.

Es ist Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zum Ansteuern eines kapazitiven Stellgliedes anzugeben, welches auf einfache Weise eine vom Ansteuersignal unabhängige Überwachung der Stellgliedbetätigung ermöglicht.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die in Anspruch 1 oder Anspruch 2 genannten Merkmale gelöst.

Danach werden der dem Stellglied zugeführte bzw. der von ihm abgeführte Strom  $\pm I_p$  oder die an das Stellglied angelegte Spannung  $U_p$  gemessen und durch Vergleich mit Schwellwerten die der Kraftstoffeinspritzdauer identische Betätigungsdauer  $t_i$  des Stellgliedes ermittelt. Diese Betätigungsdauer  $t_i$  wird anschließend mit der Dauer  $t_{st}$  des von einem Motorsteuergerät ausgegebenen Steuersignals  $st$  verglichen. Bei Gleichheit der beiden Signale  $t_i$  und  $t_{st}$  innerhalb vorgegebener Grenzen wird von einer ordnungsgemäßen Funktion der Kraftstoffeinspritzung ausgegangen. Fehler können schnell erkannt werden.

Nachstehend werden zwei Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Zeichnung näher beschrieben. In der Zeichnung zeigen:

**Fig. 1** ein erstes Ausführungsbeispiel nach der Erfindung, und

**Fig. 2** ein zweites Ausführungsbeispiel.

In einem ersten Ausführungsbeispiel, beispielsweise für ein kapazitives Stellglied eines Kraftstoffeinspritzventils einer Brennkraftmaschine, zeigt **Fig. 1** drei Signal- bzw. Meßwertverläufe einer Stellgliedbetätigung, d. h., eines Kraftstoffeinspritzvorgangs, über der Zeit  $t$ . In **Fig. 1a** ist der Verlauf (Beginn und Dauer) des Steuersignals  $st$  für das Stellglied des Kraftstoff-Einspritzventils während eines Einspritzvorgangs dargestellt, welches von einem Motorsteuergerät als Ergebnis mehrerer Eingangsparameter wie Motor-

drehzahl, Last, Temperatur etc. ermittelt wird.

Das Steuersignal  $st$  beginnt zu einem Zeitpunkt  $t_1$  und endet zu einem Zeitpunkt  $t_3$ . Die Differenz  $t_3 - t_1$  entspricht der Dauer  $t_{st}$  dieses Steuersignals  $st$ . Der Einfachheit halber sind Zeiten bzw. Zeitpunkte in den Diagrammen der Signal- bzw. Meßwertverläufe angegeben; üblicherweise werden Zeitpunkte für Beginn oder Ende von Steuersignalen vom Motorsteuergerät jedoch in Kurbelwellenwinkeln ( $^\circ KW$ ) ausgegeben.

Das Stellglied wird ab dem Zeitpunkt  $t_1$  mit einem Ladestrom  $+I_p$  geladen. Nach dem Ende des Steuersignals  $st$  wird es ab dem Zeitpunkt  $t_3$  mit einem Entladestroms  $-I_p$  entladen.

Der zeitliche Verlauf des Lade- und Entladestromes ist in **Fig. 1b** dargestellt. Die Kraftstoffeinspritzdauer des von dem Stellglied angetriebenen Kraftstoffeinspritzventils beginnt etwa im Zeitpunkt, in welchem der (positive) Ladestrom wieder zu null wird, und endet etwa im Zeitpunkt, in welchem der (negative, d. h.; in Gegenrichtung fließende) Entladestrom ebenfalls wieder zu null wird.

Vergleicht man nun den Ladestrom  $+I_p$  mit einem oberen Schwellwert  $S_o$  und den Entladestrom  $-I_p$  mit einem unteren Schwellwert  $S_u$ , wie in **Fig. 1b** gezeigt, so entspricht bei passender - gegebenenfalls in Versuchen ermittelter - Wahl der Schwellwerte  $S_o$  und  $S_u$  die Dauer  $t_i$  zwischen dem Zeitpunkt  $t_2$ , in welchem der Ladestrom  $+I_p$  den oberen Schwellwert unterschreitet, und dem Zeitpunkt  $t_4$ , in welchem der Entladestrom  $-I_p$  den unteren Schwellwert  $S_u$  überschreitet, sowohl der Dauer  $t_{st}$  des Steuersignals  $st$  als auch der Kraftstoffeinspritzdauer.

Weicht die Dauer  $t_i$  nicht zu sehr von der Dauer  $t_{st}$  ab, d. h., ist  $(t_{st} - x) < t_i < (t_{st} + x)$ , beispielsweise  $x = 0.03 \cdot t_{st}$ , so wird davon ausgegangen, daß das Kraftstoffeinspritzsystem ordnungsgemäß funktioniert. Andernfalls können Maßnahmen von einer optischen Fehleranzeige einem Eintrag in einen Fehlerspeicher eines Diagnosesystems bis hin zum Abstellen der Brennkraftmaschine ergriffen werden.

In einem zweiten Ausführungsbeispiel zeigt **Fig. 2** ebenfalls drei Signal- bzw. Meßwertverläufe eines Kraftstoffeinspritzvorgangs über der Zeit  $t$ . In diesem Ausführungsbeispiel nach der Erfindung wird jedoch nicht der Lade- bzw. Entladestrom  $\pm I_p$  mit Schwellwerten verglichen, sondern die am Stellglied anliegende Spannung  $U_p$ .

Da für dieses Ausführungsbeispiel nur ein Schwellwert erforderlich ist, ist es das bevorzugte Verfahren nach der Erfindung.

In **Fig. 2a** ist wieder der Verlauf (Beginn  $t_1$  und Dauer  $t_{st}$ ) des Steuersignals  $st$  für das Stellglied eines Kraftstoff-Einspritzventils während eines Einspritzvorgangs dargestellt.

**Fig. 2b** zeigt den Verlauf der während eines Einspritzvorgangs am Stellglied liegenden Spannung  $U_p$ . Diese beginnt im Zeitpunkt  $t_1$  mit dem Beginn des Steuersignals  $st$  zu steigen und erreicht daraufhin seinen Maximalwert, der bis zum Ende des Steuersignals  $st$  beibehalten wird. Mit dem Ende des Steuersignals  $st$  zum Zeitpunkt  $t_3$  beginnt die Spannung  $U_p$  zu fallen, bis sie wieder zu null wird (**Fig. 1b**).

Vergleicht man die am Stellglied anliegende Spannung  $U_p$  mit einem Schwellwert  $S$ , so entspricht die Dauer  $t_i$ , bei passender - gegebenenfalls in Versuchen ermittelter - Wahl des Schwellwerts  $S$ , vom Zeitpunkt  $t_2$  bis zum Zeitpunkt  $t_4$ , während welcher die Spannung  $U_p$  diesen Schwellwert  $S$  übersteigt,  $U_p > S$ , wie im Ausführungsbeispiel nach **Fig. 1**, der Dauer ( $t_{st}$ ) des Steuersignals  $st$  und der Kraftstoffeinspritzdauer.

Weicht, wie im ersten Ausführungsbeispiel, die Dauer  $t_i$  nicht zu sehr von der Dauer  $t_{st}$  ab,  $(t_{st} - x) < t_i < (t_{st} + x)$ , beispielsweise  $x = 0.03 \cdot t_{st}$ , so wird auch hier davon ausgegangen, daß das Kraftstoffeinspritzsystem ordnungsgemäß

funktioniert. Andernfalls können auch hier die bei dem ersten Ausführungsbeispiel beschriebenen Maßnahmen ergriffen werden.

# Patentansprüche

5

1. Verfahren zur Ansteuerung eines kapazitiven Stellgliedes, insbesondere für die Betätigung eines Kraftstoffeinspritzventils einer Brennkraftmaschine, mit einem Steuersignal (st) **dadurch gekennzeichnet**,  
 daß die Dauer (ti) der Stellgliedbetätigung, die von einem Zeitpunkt (t2),  
 in welchem der durch den Beginn (t1) eines Steuersignals (st) hervorgerufene Ladestrom (+Ip) einen vorgegebenen, oberen Schwellwert (So) unterschreitet,  
 bis zu einem Zeitpunkt (t4) reicht,  
 in welchem der durch das Ende (t3) dieses Steuersignals (st) hervorgerufene Entladestrom (-Ip) einen vorgegebenen, unteren Schwellwert (Su) überschreitet,  
 gemessen und mit der Dauer (t<sub>st</sub>) dieses Steuersignals (st) verglichen wird, und  
 daß von einer ordnungsgemäßen Funktion des Stellgliedes ausgegangen wird, wenn die gemessene Dauer (ti) innerhalb eines durch die Dauer (t<sub>st</sub>) des Steuersignals bestimmten Bereiches  $[t_{st}-x] < ti < [t_{st}+x]$  liegt.  
 2. Verfahren zur Ansteuerung eines kapazitiven Stellgliedes, insbesondere für die Betätigung eines Kraftstoffeinspritzventils einer Brennkraftmaschine, mit einem Steuersignal (st) **dadurch gekennzeichnet**,  
 daß die Dauer (ti) der Stellgliedbetätigung, die von einem Zeitpunkt (t2),  
 in welchem die nach dem Beginn (t1) eines Steuersignals (st) ansteigende Stellgliedspannung (Up) einen vorgegebenen Schwellwert (S) überschreitet,  
 bis zu einem Zeitpunkt (t4) reicht,  
 in welchem die nach dem Ende (t3) dieses Steuersignals (st) abfallende Stellgliedspannung (Up) den Schwellwert (S) wieder unterschreitet,  
 gemessen und mit der Dauer (t<sub>st</sub>) dieses Steuersignals (st) verglichen wird, und  
 daß von einer ordnungsgemäßen Funktion des Stellgliedes ausgegangen wird, wenn die gemessene Dauer (ti) innerhalb eines durch die Dauer (t<sub>st</sub>) des Steuersignals bestimmten Bereiches  $[t_{st}-x] < ti < [t_{st}+x]$  liegt.  
 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß eine optische Fehleranzeige oder ein Eintrag in einen Fehlerspeicher einer Diagnoseschaltung des Stellgliedes erfolgt, wenn  $ti < [t_{st}-x]$  oder  $ti > [t_{st}+x]$  ist.  
 4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Stellglied abgeschaltet wird, wenn  $ti < [t_{st}-x]$  oder  $ti > [t_{st}+x]$  ist.

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

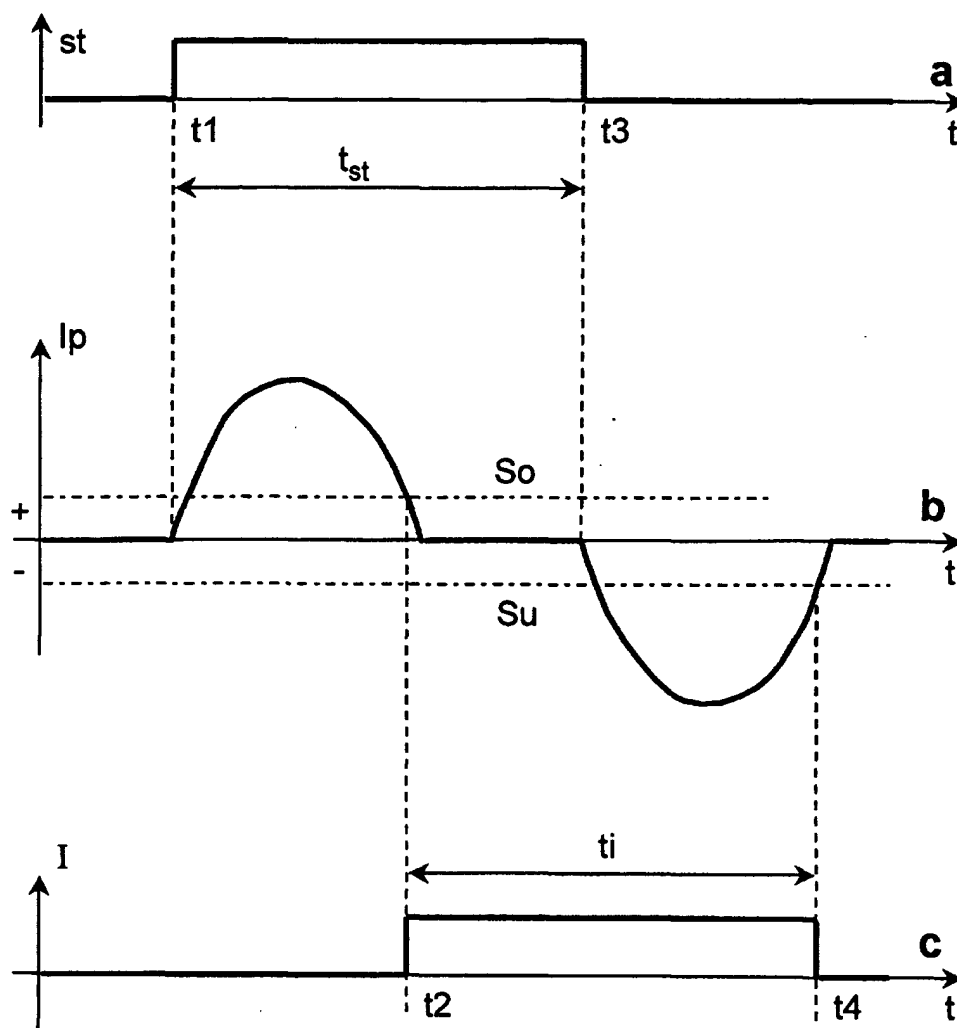
---

55

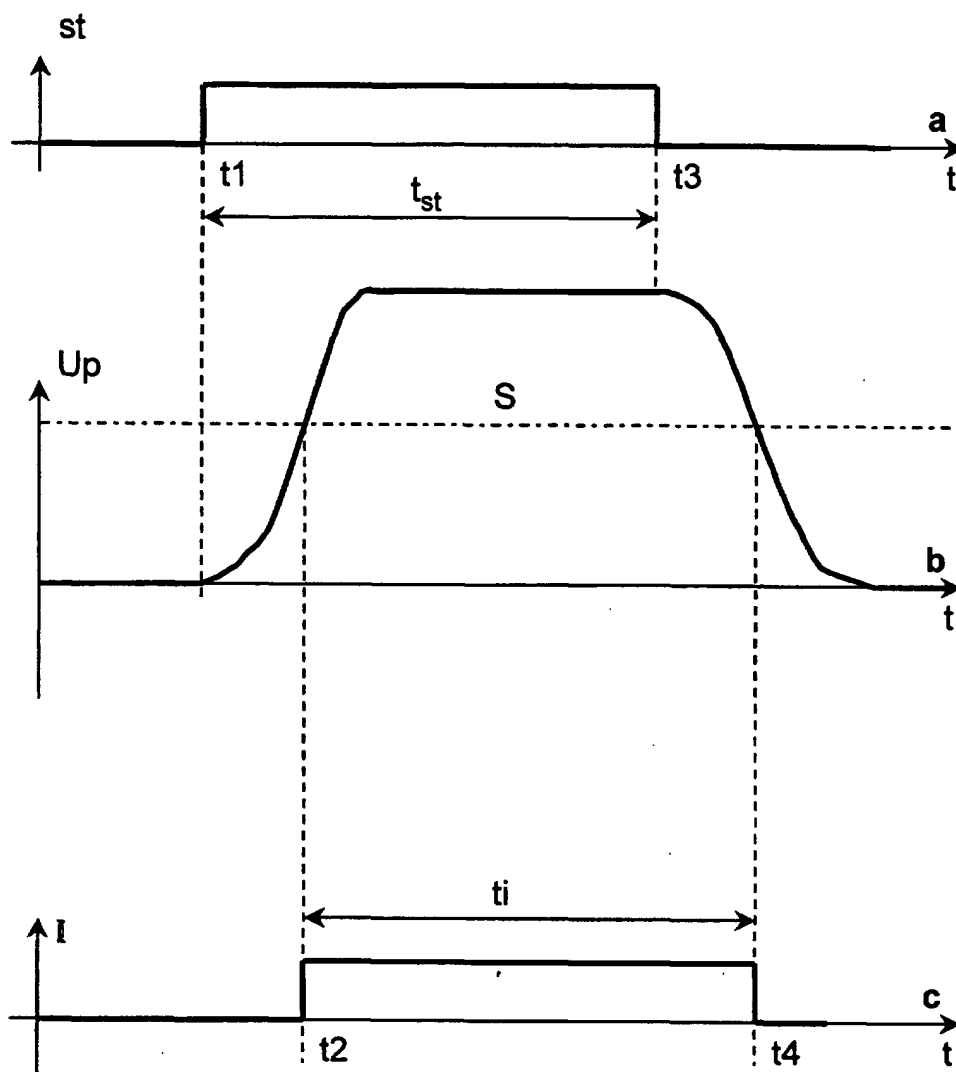
60

65

- Leerseite -



**Fig1**



**Fig2**